

комплекс. Цифровая технология может быть использована в образовательном процессе и при проектировании систем теплоснабжения.

Список использованных источников

1. Теплоснабжение жилых районов: учебное пособие / Е. В. Михайлицин, Ю. И. Толстова; [научн. ред. Н. П. Ширяева]. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2012. 100 с.
2. Основы программирования в среде PascalABC.NET : учебное пособие / Л. И. Долинер. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 128 с.
3. Программирование на СИ#: учеб. пособие / М. А. Медведев, А. Н. Медведев. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 64 с.

УДК 621.314.263

**ОБЗОР ТОПОЛОГИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ
В ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

**REVIEW OF CONVERTERS TOPOLOGIES IN PHOTOVOLTAIC
POWER SUPPLY SYSTEMS**

Атаманкин Г. Б., Плотников Ю. В.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
atamankinglebos@gmail.com

Atamankin G. B., Plotnikov Y. V.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В статье рассматривается классификация топологий преобразовательных устройств, которые используются в системах электроснабжения на базе солнечных батарей. Представлены наиболее распространенные схемы преобразователей, как для автономных систем, так и для систем, которые подключаются к централизованным сетям электроснабжения. Приведено краткое описание схем и сравнительный анализ топологий.

Abstract: In the article the classification of converter devices topologies, which are used in power supply systems based on solar batteries, is considered. The most common schemes of power converters, both for off-grid systems and for grid-connected systems, are presented. A brief description of the schemes and a comparative analysis of topologies are given.

Ключевые слова: солнечная электроэнергетика; силовые полупроводниковые преобразователи; автономные системы энергоснабжения.

Key words: solar power engineering; power semiconductor converters; off-grid systems.

Введение. В связи с повышенным вниманием к проблемам энергоэффективности, энергосбережения и экологии становится актуальным развитие возобновляемых источников энергии. Для преобразования постоянного напряжения, которое вырабатывается солнечными панелями, необходимы специальные устройства. В зависимости от назначения фотоэлектрических систем преобразовательные устройства могут иметь различные топологии и отличаться назначением компонентов (рисунок). В данной статье рассматриваются независимые фотоэлектрические системы с автономным инвертором напряжения и системы, которые подключаются к общепромышленной сети и имеют в своем составе ведомый сетью инвертор. В системах с подключением к сети нет необходимости в использовании аккумуляторных батарей, поскольку вся вырабатываемая энергия передается в общепромышленную сеть [1]. В автономных системах аккумуляторные батареи используются в качестве резервного источника питания. В зависимости от условий внешней среды аккумуляторная батарея, либо заряжается избытком энергии солнечных панелей, либо, при нехватке мощности солнечных панелей, отдает часть энергии для обеспечения питания нагрузки [3].

Автономные системы электроснабжения. DC/DC преобразователи автономных систем могут выполняться с

гальванической развязкой, что определяется их назначением и уровнем выходного напряжения [5]. При необходимости усиления напряжения солнечной панели менее чем в десять раз достаточно использовать повышающий преобразователь без трансформатора. Это позволит снизить потери и повысить энергоэффективность преобразователя. Недостатком варианта 2 является последовательное подключение компонентов, что снижает надежность системы. Вариант 1 является более предпочтительным, поскольку имеет в своем составе отдельный DC/DC преобразователь для аккумуляторной батареи.

Системы с подключением к общепромышленной сети. В вариантах схем 1÷3 используется гальваническая развязка [2]: высокочастотный трансформатор в варианте 1 необходим для снижения пульсаций тока и продления срока эксплуатации конденсаторов, низкочастотные трансформаторы в вариантах 2 и 3 используются для повышения напряжения на выходе инвертора.

Гибридные системы представляют из себя совокупность указанных топологий автономных систем и систем, работающих параллельно с сетью. В табл. 1 и 2 указаны сравнительные характеристики приведенных топологий преобразователей в фотоэлектрических системах.

Таблица 1

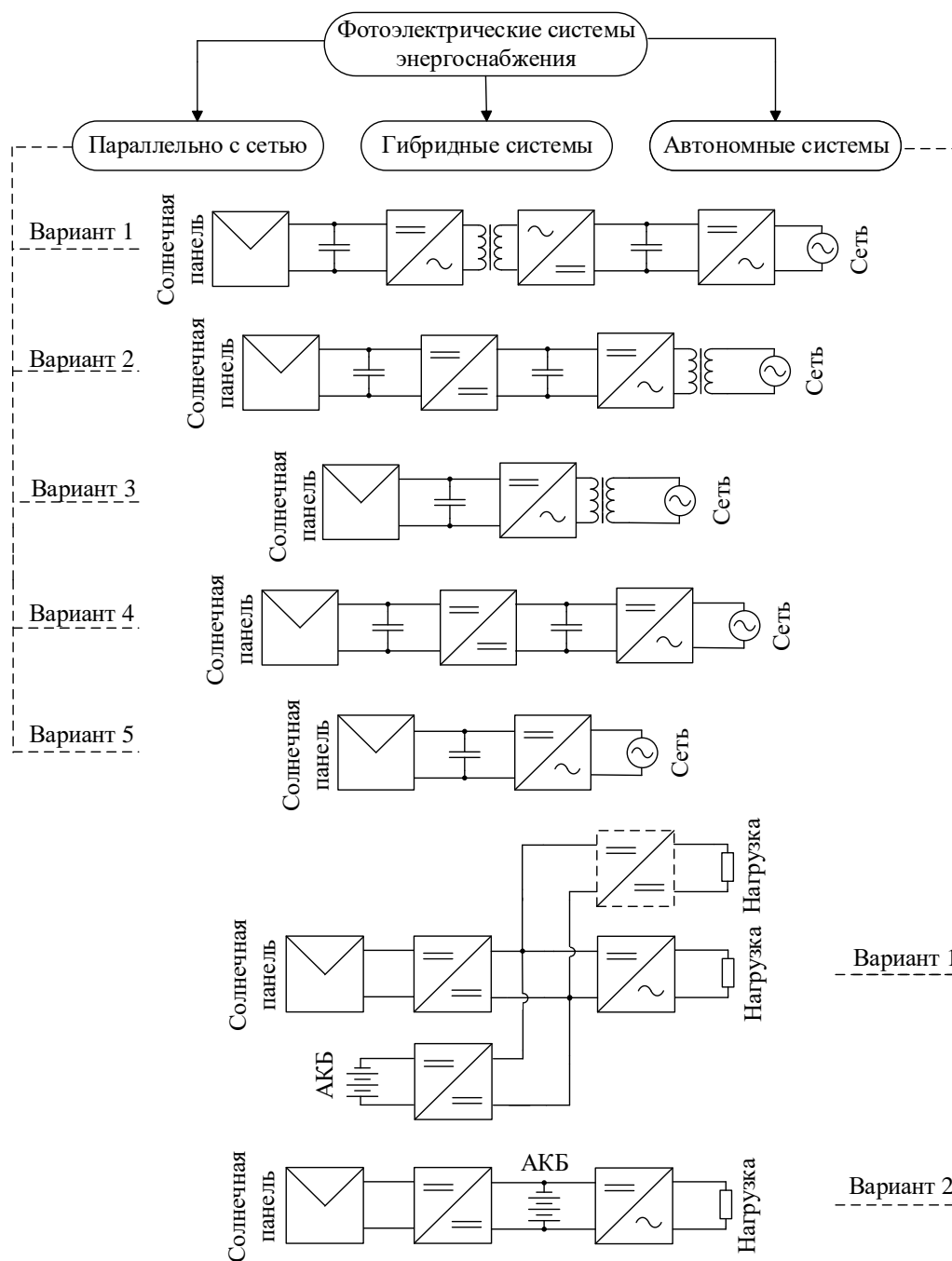
Сравнительные характеристики преобразовательных устройств для систем с подключением к централизованным сетям электроснабжения

	Системы, работающие параллельно с сетью				
Параметры	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Стоимость, руб./кВт	Высокая	Средняя	Низкая	Средняя	Низкая
Габариты	Малые	Большие	Большие	Средние	Малые
КПД, %	93 ÷ 96	95 ÷ 97	93 ÷ 95	93 ÷ 95	> 95

Таблица 2

Сравнительные характеристики преобразовательных устройств автономных систем энергоснабжения

Параметры	Вариант 1	Вариант 2
Стоимость, руб./кВт	Средняя	Низкая
Габариты	Средние	Малые
КПД, %	90 ÷ 93	93 ÷ 95



Классификация преобразовательных устройств в фотоэлектрических системах

Заключение. Преобразователи для автономных систем используются, как правило, в качестве решения для питания локальных потребителей мощностью до 10 кВт [4]. Области применения преобразователей для систем, которые подключаются к централизованным сетям электроснабжения, указаны в табл. 3.

Применение преобразователей в системах, подключенных к сети

Мощность системы	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
до 1 кВт	+				
До 10 кВт		+		+	
До 500 кВт			+		+
Свыше 500 кВт				+	

Список использованных источников

1. Kouro S., Leon J. I., Vinnikov D., Franquelo L. G. Grid-Connected Photovoltaic systems: An Overview of Recent Research and Emerging PV Converter Technology // IEEE Industrial Electronic Magazine. March 2015. Vol. 6. № 1. P. 47–61.
2. Xiao W., El Moursi M. S., Khan O., Infield D. Review of grid-tied converter topologies used in photovoltaic systems // IET Renewable Power Gen. November 2016. Vol. 10. № 10. P. 1543–1551.
3. Dong D., Mohammed A., Harfman-Todorovic M., Liu X., Garces L., Zhou R., Cioffi P. A PV Residential Micro-inverter with Grid-support Function: Design, Implementation and Field Testing // IEEE Transaction on Industry Application. September 2017. Vol. PP. № 99. P. 1–1.
4. Meneses D., Blaabjerg F., Garcia O., Cobos J. A. Review and Comparison of Step-Up Transformerless Topologies for Photovoltaic AC-Module Application // IEEE Transaction on Power Electronics. November 2012. Vol. 28. № 6. P. 2649–2663.
5. Zhang N. A review of topologies of three-port DC-DC converters for the integration of renewable energy and energy storage system // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 56. P. 388–401.

УДК 62-97/-98

ПЕРСПЕКТИВЫ СТАНЦИЙ НА УЛЬТРАСВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ

PERSPECTIVES OF ULTRA-SUPERCRITICAL POWER PLANT

Бабенко И. А., Шульман В. Л.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
ivan10a@bk.ru